

مروری بر مدل سازی مبتنی بر عامل با استفاده از LLM

شروین خادمی کلانتری (۴۰۴۰۶۳۳۴)

استاد غیائی راد

معرفی حوزه | 01

روندها و چالش‌های پژوهشی | 03

مرور ادبیات پژوهشی | 02

کاربردهای عملی حوزه | 04

معرفی حوزه



۱.۱ تعریف دقیق مسئله

مدل سازی مبتنی بر عامل (ABMS) چیست؟

رویکردی محاسباتی برای مدل سازی سیستم های پیچیده با استفاده از عامل های خودمختار که دارای ویژگی های زیر هستند:

- ادراک: محیط را حس می کنند.
- تصمیم گیری: بر اساس ورودی ها انتخاب می کنند.
- تعامل: با محیط و سایر عامل ها ارتباط دارند.

چالش ABM سنتی:

رفتارها ساده، قاعده محور (Rule-based) و خشک هستند.

مدل سازی استدلال پیچیده انسانی و زبان طبیعی دشوار است.

راهکار LLM-powered ABM:

استفاده از LLM به عنوان “مغز” عامل.

ایجاد قابلیت استدلال زبانی، تصمیم گیری وابسته به زمینه و تعامل پویا.

۱.۲ اهمیت، کاربردها و نمونه‌های واقعی

چرا این حوزه مهم است؟

اهمیت (Importance):

۱. افزایش واقع‌گرایی (Realism): شبیه‌سازی رفتارهای انسانی نزدیک به واقعیت.
 ۲. حذف قوانین صریح: مدل‌سازی بدون نیاز به کدنویسی قوانین if-then برای هر رفتار.
 ۳. مقیاس‌پذیری: امکان شبیه‌سازی سیستم‌های اجتماعی بزرگ و پویا.
- نمونه‌های کاربردی:

- ☐ بازارهای اقتصادی: شبیه‌سازی تصمیم‌گیری خریداران و فروشندگان.
- ☐ شبکه‌های اجتماعی: تحلیل انتشار اطلاعات و اخبار در توییتر/ریدیت.
- ☐ سیاست‌گذاری عمومی: ارزیابی تأثیر قوانین جدید پیش از اجرا.
- ☐ تعامل انسان-ماشین: بهبود ربات‌های اجتماعی.



۱.۳ جایگاه در پردازش زبان طبیعی

- تقاطع سه حوزه کلیدی

این حوزه در نقطه تلاقی دیسیپلین‌های زیر قرار دارد:

1. پردازش زبان طبیعی (NLP): فهم و تولید زبان (هسته اصلی).
 2. سیستم‌های چندعامله (Multi-Agent Systems): تعامل و همکاری.
 3. علوم اجتماعی محاسباتی (Computational Social Science): تحلیل رفتار جمعی.
- تحول در نقش NLP:

در اینجا NLP دیگر فقط ابزاری برای “تحلیل متن” نیست، بلکه به عنوان موتور تصمیم‌گیری و استدلال عامل‌ها عمل می‌کند.

مرور ادبیات پژوهشی



۲.۱ مقاله مروری

جامع ترین نمای کلی (۲۰۲۴)

Large Language Models Empowered Agent-Based Modeling and Simulation: A Survey

(Nature Humanities and Social Sciences Communications, 2024)

چارچوب پیشنهادی برای عامل‌ها:

ادراک (Perception): دریافت اطلاعات محیطی.

حافظه (Memory): ذخیره تجربیات کوتاه و بلندمدت.

استدلال (Reasoning): پردازش منطقی داده‌ها.

کنش (Action): انجام فعالیت در محیط.

نقاط قوت

• جامع ترین Survey موجود در این حوزه

• بررسی چالش‌های اخلاقی و ارزیابی

نقاط ضعف

• تمرکز بیشتر بر مفاهیم تا پیاده‌سازی عملی

• فقدان معیارهای کمی استاندارد برای ارزیابی

۲.۲ مقالات جدید

۱. مقاله ۱:

عامل های مولد (Generative Agents)

عنوان : Generative Agents: Interactive Simulacra of Human Behavior

(Park et al., 2023)

ایده اصلی:

- عامل هایی با حافظه بلندمدت، برنامه ریزی و تعامل اجتماعی
- استفاده از LLM برای شبیه سازی زندگی روزمره انسان ها

نقاط قوت:

- نمونه عملی و قابل لمس
- نمایش رفتارهای emergent

نقاط ضعف:

- مقیاس پذیری محدود
- هزینه محاسباتی بالا

۲. مقاله ۲:

CAMEL: Communicative Agents for “Mind” Exploration of LLMs

(Li et al., 2023)

ایده اصلی:

- تعامل چندعامل LLM برای حل مسئله
- تمرکز بر همکاری و گفتگو بین عامل‌ها

نقاط قوت:

- نشان دادن قدرت تعامل چندعامله
- کاربردپذیر در حل مسائل پیچیده

نقاط ضعف:

- تمرکز کمتر بر محیط شبیه‌سازی اجتماعی واقعی

۳. مقاله ۳:

AgentVerse: Facilitating Multi-Agent Collaboration

(2023)

تمرکز: پلتفرمی برای تسهیل همکاری چندعامله.
هدف: استانداردسازی نحوه تعامل و مدیریت عامل‌های مختلف در یک محیط.

۲.۳ مقایسه مقاله ها

مقاله	سطح واقع گرایی	مقیاس پذیری	تمرکز اجتماعی
Survey 2024	بالا	متوسط	بالا
Generative Agents	بسیار بالا	پایین	بالا
CAMEL	متوسط	متوسط	پایین
AgentVerse	متوسط	بالا	متوسط

روندها و چالش‌های پژوهشی



۳.۱ روندهای مهم

- حرکت از عامل‌های rule-based به LLM-driven agents
- ترکیب حافظه، برنامه‌ریزی و استدلال زبانی
- شبیه‌سازی رفتارهای emergent و غیرقابل پیش‌بینی
- استفاده از LLM ها به عنوان *policy function* عامل‌ها

۳.۲ چالش‌ها و محدودیت‌ها

چالش‌های فنی

- مقیاس‌پذیری (هزاران عامل)
- هزینه محاسباتی
- تأخیر (Latency)

چالش‌های ارزیابی

- نبود معیارهای استاندارد
- دشواری اندازه‌گیری صحت رفتار اجتماعی
- تبیین‌پذیری تصمیم‌ها

چالش‌های اخلاقی

- بازتولید سوگیری‌ها
- شبیه‌سازی نادرست رفتار انسانی
- سوءاستفاده در مهندسی افکار عمومی

۳.۳ مسیرهای آینده پژوهش

- طراحی Benchmarkهای استاندارد ABM
- ترکیب LLM با مدل‌های نمادین (Neuro-Symbolic)
- ABM مسئولانه و اخلاق‌محور
- عامل‌های کم‌هزینه و کم‌مصرف

کاربردهای عملی حوزه



۴.۱ سیستم‌های واقعی



- شبیه‌سازی شبکه‌های اجتماعی
- تحلیل انتشار شایعات و اخبار جعلی
- پیش‌بینی واکنش کاربران به سیاست‌ها
- طراحی سیستم‌های آموزشی هوشمند

۴.۲ ارتباط با حوزه‌های دیگر



شبکه‌های اجتماعی

- مدل‌سازی تعامل کاربران
- تحلیل شکل‌گیری قطب‌بندی (Polarization)

تحلیل محتوا

- ❖ شبیه‌سازی تولید و مصرف محتوا
- ❖ بررسی روایت‌ها (Narratives)

امنیت

- شبیه‌سازی حملات اجتماعی (Social Engineering)
- تحلیل رفتار مهاجمان و مدافعان

جمع‌بندی نهایی

ABM-powered LLM یک تحول اساسی در مدل‌سازی سیستم‌های اجتماعی ایجاد کرده است. این حوزه:

- مرز NLP را از تحلیل متن به شبیه‌سازی رفتار انسانی گسترش می‌دهد.
- فرصت‌های جدیدی برای علوم اجتماعی، امنیت و سیاست‌گذاری فراهم می‌کند.
- اما نیازمند پژوهش جدی در ارزیابی، مقیاس‌پذیری و اخلاق است.



با تشکر از
توجه شما